(19)日本国特許庁（ＪＰ）　(12)特　許　公　報（Ｂ２）　(11)特許番号
特許第3350662号
(P3350662)

(45)発行日　平成14年11月25日(2002.11.25)　(24)登録日　平成14年９月13日(2002.9.13)

(51)Int.Cl.'	識別記号	FI	
G01V 3/08		G01V 3/08	D
A63F 7/02	304	A63F 7/02	304B

請求項の数７(全 8 頁)

(21)出願番号　特願2000－137004(P2000－137004)

(22)出願日　平成12年５月10日(2000.5.10)

(65)公開番号　特開2001－318162(P2001－318162A)
(43)公開日　平成13年11月16日(2001.11.16)
審査請求日　平成12年５月10日(2000.5.10)

(73)特許権者　397024030
株式会社エーシーティー・エルエスアイ
神奈川県厚木市恩名471番地

(72)発明者　阿部　宏
神奈川県厚木市恩名471番地　株式会社アドバンストサーキットテクノロジーズ内

(74)代理人　100071283
弁理士　一色　健輔　(外３名)

審査官　本郷　徹

(56)参考文献　特開　平６－54942（ＪＰ，Ａ）
特開　平８－8712（ＪＰ，Ａ）
特開　平８－21741（ＪＰ，Ａ）

最終頁に続く

(54)【発明の名称】　スイッチドキャパシタ型超高感度センサ回路およびパチンコ玉通過検出器

(57)【特許請求の範囲】

【請求項１】　検出しようとする物理現象に伴って微小容量キャパシタに生じる微弱な容量変化を超高感度に検出するセンサ回路であって、所定の高周波スイッチング信号で駆動されるスイッチング回路によって、前記キャパシタに電圧源を接続して前記キャパシタに一定電圧を急速充電する期間と、前記キャパシタに積分回路を接続して前記キャパシタの充電電荷を放出させて蓄積する期間とを高速に繰り返すように構成し、前記キャパシタの容量変化を前記積分回路の出力電圧変化として検出することを特徴とするスイッチドキャパシタ型超高感度センサ回路。

【請求項２】　請求項１において、前記積分回路の出力側に平滑回路および増幅回路を設けたことを特徴とするスイッチドキャパシタ型超高感度センサ回路。

【請求項３】　請求項１において、検出しようとする物理現象に伴って２つの微小容量キャパシタに微弱な容量変化が相補的に生じるように構成するとともに、これら２つのキャパシタにそれぞれ対応する２つの前記積分回路の出力電圧の差分を差動増幅回路によって検出することを特徴とするスイッチドキャパシタ型超高感度センサ回路。

【請求項４】　請求項３において、前記差動増幅回路の出力側に微分回路を設けたことを特徴とするスイッチドキャパシタ型超高感度センサ回路。

【請求項５】　検出しようとする物理現象に伴って微小容量キャパシタに生じる微弱な容量変化を超高感度に検出するセンサ回路であって、所定の高周波スイッチング信号で駆動されるスイッチング回路によって前記キャパシタの一方の電極に電圧対称な正電源と負電源とを交互に繰り返し接続するとともに、前記スイッチング回路に同期するサンプルホールド回路の入力に前記キャパシタの他方の電極を接続し、かつ前記サンプルホールド回路の出力を前記スイッチング回路に同期する同期検波回路に入力し、前記キャパシタの容量変化を前記同期検波回路の出力電圧変化として検出することを特徴とするスイッチドキャパシタ型超高感度センサ回路。

【請求項６】　検出しようとする物理現象に伴って２つの微小容量キャパシタに微弱な容量変化が相補的に生じるように構成するとともに両キャパシタを直列接続し、所定の高周波スイッチング信号で駆動されるスイッチング回路によって前記直列キャパシタの両端に電圧対称な正電源と負電源とを交互に繰り返し接続するとともに、前記スイッチング回路に同期するサンプルホールド回路の入力に前記直列キャパシタの中点を接続し、かつ前記サンプルホールド回路の出力を前記スイッチング回路に同期する同期検波回路に入力し、前記両キャパシタの差動的容量変化を前記同期検波回路の出力電圧変化として検出することを特徴とするスイッチドキャパシタ型超高感度センサ回路。

【請求項７】　請求項３または請求項４または請求項６に記載のスイッチドキャパシタ型超高感度センサ回路を用いたパチンコ玉通過検出器であって、パチンコ玉が通過する非金属製の筒体の外周面に３つの電極Ａ・Ｂ・Ｃを近接して並べて薄膜形成し、中央の電極Ｂと隣の電極Ａとの間の静電容量と、中央の電極Ｂと隣の電極Ｃとの間の静電容量とを前記２つのキャパシタとすることを特徴とするパチンコ玉通過検出器。

【発明の詳細な説明】

【０００１】

【発明の属する技術分野】この発明は、さまざまな物理現象を静電容量の変化として捉えるセンサ回路に関し、とくに、微小容量キャパシタに生じる微弱な容量変化を超高感度に検出するスイッチドキャパシタ型超高感度センサ回路に関する。また、そのスイッチドキャパシタ型超高感度センサ回路を用いたパチンコ玉通過検出器にも関する。

【０００２】

【従来の技術】物体の接近・離間といった動きや、物体の歪み変形などを静電容量の変化として捉える原理のセンサが知られており、この原理をさまざまな用途に適合させたさまざまな構造の静電容量型センサが実用化されている。従来の静電容量型センサは、センサ素子としてのキャパシタを共振要素とする発振回路を構成している。キャパシタの容量が変化すると、発振周波数が変化する。その周波数変化を適当な弁別回路で検出している。

【０００３】

【発明が解決しようとする課題】発振回路方式の静電容量型センサ回路では、キャパシタの容量がごく短時間だけ微弱に変化する現象を高感度に検出することが難しかった。安定した高精度な発振回路方式のセンサを構成するには、共振要素となるキャパシタの静電容量の絶対値をある程度以上大きくする必要があるし、検出しようとする物理現象に伴う静電容量の変化量もかなり大きくないといけない。とくに、キャパシタの静電容量が定常値から急変してすぐに定常値に戻るような対象の場合、その変化時間があまり短いと、発振回路は追従できず、通常の周波数弁別回路で検出可能な発振周波数の変化が生じないという問題がある。

【０００４】この問題のため、本発明者が意図している以下のような用途には従来の静電容量型センサ回路を適用することができなかった。その用途とはパチンコ玉の通過を検出するセンサ（パチンコ玉通過検出器）である。パチンコ台やパチンコ店の設備には随所にパチンコ玉通過検出器が装備されている。パチンコ玉が流通する筒状通路に検出器を付設し、そこを通過するパチンコ玉の１つひとつを検出してカウントする。場合によってはパチンコ玉の通過方向も弁別する。

【０００５】従来のパチンコ玉通過検出器としては、機械的なマイクロスイッチを用いたもの、自励ＬＣ発振回路型電磁センサを用いたもの、光電センサを用いたもの、磁気センサを用いたものが代表的である。

【０００６】マイクロスイッチ式では、パチンコ玉と機械的に衝突するので故障しやすいという問題があった。自励ＬＣ発振回路型電磁センサ式では、パチンコ玉の通路の周囲を取り囲むように共振回路の主要素であるコイルを配設し、パチンコ玉がコイル中を通過するときに発振が一時停止することを利用している。これは多数のパチンコ玉が間隔をあけずに次々と通過する場合に、各パチンコ玉を正確に検出できないという問題があった。外来雑音電波により誤動作しやすいという問題もあった。パチンコ店は雑音電波の多い劣悪な電磁的環境であるので、この環境下で誤動作しないことが重要である。

【０００７】光電センサ式では、発光素子と受光素子を結ぶ光路が流通するパチンコ玉によって遮られることを検出している。磁気センサ式は、磁性体の塊であるパチンコ玉が通過すると永久磁石とヨークによって形成している磁場が撹乱され、その磁場変化をホール素子で検出する原理である。

【０００８】光電センサ式のパチンコ玉通過検出器は、大量のパチンコ玉が流通することによって光電センサ周辺に汚れが付着し、その汚れによって予定した検出性能が維持できなくなり、汚れを落とす保守点検作業がたびたび必要になるという問題があった。磁気センサ式のパチンコ玉通過検出器は、前記のような通路の汚れの影響を受けない。しかし、永久磁石とヨークとホール素子という主要部品をパチンコ玉の通路周囲に効果的に配置しないと高精度な検出特性は実現できず、この部分の構成が複雑であり、検出器自体が大型化するという問題があ

った。

【０００９】この発明は前述した従来の問題点に鑑みなされたもので、その目的は、検出しようとする物理現象に伴って微小容量キャパシタに生じる微弱な容量変化を超高感度に検出するセンサ回路を提供するとともに、これを応用した高性能なパチンコ玉通過検出器を提供することにある。

【００１０】

【課題を解決するための手段】＝＝＝請求項１の発明＝＝＝請求項１の発明の係るスイッチドキャパシタ型超高感度センサ回路は、検出しようとする物理現象に伴って微小容量キャパシタに生じる微弱な容量変化を超高感度に検出するセンサ回路であって、所定の高周波スイッチング信号で駆動されるスイッチング回路によって、前記キャパシタに電圧源を接続して前記キャパシタに一定電圧を急速充電する期間と、前記キャパシタに積分回路を接続して前記キャパシタの充電電荷を放出させて蓄積する期間とを高速に繰り返すように構成し、前記キャパシタの容量変化を前記積分回路の出力電圧変化として検出することを特徴とするものである。

【００１１】＝＝＝請求項２の発明＝＝＝請求項２の発明に係るスイッチドキャパシタ型超高感度センサ回路は、請求項１において、前記積分回路の出力側に平滑回路および増幅回路を設けたことを特徴とするものである。

【００１２】＝＝＝請求項３の発明＝＝＝請求項３の発明に係るスイッチドキャパシタ型超高感度センサ回路は、請求項１において、検出しようとする物理現象に伴って２つの微小容量キャパシタに微弱な容量変化が相補的に生じるように構成するとともに、これら２つのキャパシタにそれぞれ対応する２つの前記積分回路の出力電圧の差分を差動増幅回路によって検出することを特徴とするものである。

【００１３】＝＝＝請求項４の発明＝＝＝請求項４の発明に係るスイッチドキャパシタ型超高感度センサ回路は、請求項３において、前記差動増幅回路の出力側に微分回路を設けたことを特徴とするものである。

【００１４】＝＝＝請求項５の発明＝＝＝請求項５の発明に係るスイッチドキャパシタ型超高感度センサ回路は、検出しようとする物理現象に伴って微小容量キャパシタに生じる微弱な容量変化を超高感度に検出するセンサ回路であって、所定の高周波スイッチング信号で駆動されるスイッチング回路によって前記キャパシタの一方の電極に電圧対称な正電源と負電源とを交互に繰り返し接続するとともに、前記スイッチング回路に同期するサンプルホールド回路の入力に前記キャパシタの他方の電極を接続し、かつ前記サンプルホールド回路の出力を前記スイッチング回路に同期する同期検波回路に入力し、前記キャパシタの容量変化を前記同期検波回路の出力電圧変化として検出することを特徴とするものである。

【００１５】＝＝＝請求項６の発明＝＝＝請求項６の発明に係るスイッチドキャパシタ型超高感度センサ回路は、検出しようとする物理現象に伴って２つの微小容量キャパシタに微弱な容量変化が相補的に生じるように構成するとともに両キャパシタを直列接続し、所定の高周波スイッチング信号で駆動されるスイッチング回路によって前記直列キャパシタの両端に電圧対称な正電源と負電源とを交互に繰り返し接続するとともに、前記スイッチング回路に同期するサンプルホールド回路の入力に前記直列キャパシタの中点を接続し、かつ前記サンプルホールド回路の出力を前記スイッチング回路に同期する同期検波回路に入力し、前記両キャパシタの差動的容量変化を前記同期検波回路の出力電圧変化として検出することを特徴とするものである。

【００１６】＝＝＝請求項７の発明＝＝＝請求項７の発明に係るスイッチドキャパシタ型超高感度センサ回路は、請求項３または請求項４または請求項６に記載のスイッチドキャパシタ型超高感度センサ回路を用いたパチンコ玉通過検出器であって、パチンコ玉が通過する非金属製の筒体の外周面に３つの電極Ａ・Ｂ・Ｃを近接して並べて薄膜形成し、中央の電極Ｂと隣の電極Ａとの間の静電容量と、中央の電極Ｂと隣の電極Ｃとの間の静電容量とを前記２つのキャパシタとすることを特徴とするものである。

【００１７】

【発明の実施の形態】＝＝＝基本となる第１実施例＝＝＝

図１にこの発明の第１実施例の回路構成と動作波形の要点を示している。ここでは、検出しようとする物理現象に伴って容量変化が生じるセンサキャパシタＣｓと、所定の高周波スイッチング信号によって切り換えられるスイッチング回路１と、演算増幅器２・抵抗Ｒｆ・キャパシタＣｆからなる積分回路と、演算増幅器３・抵抗Ｒ１～Ｒ３・キャパシタＣ１からなる平滑回路とを図示しており、高周波スイッチング信号を発生する系やセンサキャパシタＣｓの充電電源は図示していない。なお、センサキャパシタＣｓとキャパシタＣ１の一端や演算増幅器２の非反転入力はゼロボルト電位点に接続されている（▽印がそのことを示している）。

【００１８】スイッチング回路１は、周波数Ｆの高周波スイッチング信号によって繰り返し切り換えられる。スイッチング回路１がＡ側に接続されると、センサキャパシタＣｓは所定の負電圧源－Ｖｒに接続され、センサキャパシタＣｓは電圧－Ｖｒに急速充電される。スイッチング回路１がＢ側に接続されると、センサキャパシタＣｓは負電圧源－Ｖｒから切り離されて演算増幅器２の反転入力に接続される。このとき、抵抗ＲｆとキャパシタＣｆを介して演算増幅器２の反転入力が非反転入力と同

じゼロボルトに保たれるように帰還作用が働く。つまり、センサキャパシタＣｓの充電電荷が抵抗Ｒｆを通じた電流によって放電される。

【００１９】スイッチング回路１の切り換えが高速に繰り返されるとともに、センサキャパシタＣｓの放電時定数がある程度大きいので、センサキャパシタＣｓの電圧がゼロボルトになる前にスイッチング回路１が再びＡ側に接続され、センサキャパシタＣｓが再び電圧－Ｖｒに急速充電される。この動作を繰り返しているときの演算増幅器２（積分回路）の出力電圧Ｖ１の平均値（積分電圧Ｖ１とも記す）は、

Ｖ１＝Ｃｓ×Ｖｒ×Ｒｆ×Ｆ

となる。ここで、Ｃｓが０．１ｐＦ、Ｖｒが１ボルト、Ｒｆが１００ＫΩ、Ｆが１ＭＨｚであるとすると、積分電圧Ｖ１は１０ミリボルトであり、十分に大きな電圧となる。そしてスイッチング周波数が十分に高いので、センサキャパシタＣｓの微弱で短時間の変化でも積分回路が高速にこれに応答し、積分電圧Ｖ１の変化が明確に現れる。たとえば、この積分電圧Ｖ１を目的に応じて設定したしきい値で２値化することで、センサキャパシタＣｓに容量変化を生じさせる物理現象の有無を高精度・高感度に検出することができる。図１の実施例では、積分電圧Ｖ１をより取り扱いやすくするために、演算増幅器２の出力に演算増幅器３・抵抗Ｒ１～Ｒ３・キャパシタＣ１からなる平滑回路を接続している。必要に応じてさらに増幅回路を接続する。

【００２０】＝＝＝パチンコ玉通過検出器への適用＝＝＝

パチンコ玉通過検出器を構成する場合、図２に示すように、パチンコ玉が通過する非金属製の筒体４の外周面に３つの電極５ａ・５ｂ・５ｃを近接してたとえばリング状に薄膜形成し、中央の電極５ｂと隣の電極５ａとの間の静電容量を第１センサキャパシタＣｓ１とし、中央の電極５ｂと隣の電極５ｃとの間の静電容量を第２センサキャパシタＣｓ２とする。パチンコ玉の直径は約１１ｍｍであり、これに対して筒体４の内径は約１２ｍｍ、各電極５ａ・５ｂ・５ｃの幅は約１ｍｍ、各電極の間隔も約１ｍｍとした。こうすることで、パチンコ玉が筒体４を通過するプロセスで、第１センサキャパシタＣｓ１と第２センサキャパシタＣｓ２の容量変化が相補的に生じる。

【００２１】そこで図３に示すように、２つのセンサキャパシタＣｓ１とＣｓ２のそれぞれを図１と同様な構成のセンサ回路に接続する。図３では、図１における演算増幅器２・抵抗Ｒｆ・キャパシタＣｆからなる積分回路と、演算増幅器３・抵抗Ｒ１～Ｒ３・キャパシタＣ１からなる平滑回路とを積分平滑回路６１・６２として示している。また、２つのスイッチング回路１１・１２は同じ高周波スイッチング信号により同期して切り換えられ、負電圧源－Ｖｒは同一電圧源を使用する。

【００２２】積分平滑回路６１からは第１センサキャパシタＣｓ１の容量に対応する積分電圧Ｖ１１が出力され、積分平滑回路６２からは第２センサキャパシタＣｓ２の容量に対応する積分電圧Ｖ１２が出力される。この２つの積分電圧Ｖ１１とＶ１２とを差動増幅回路７に入力し、その差動電圧ΔＶをウインドコンパレータを構成する２つのコンパレータ８１・８２に入力する。このウインドコンパレータには正負のしきい値±Ｖｓが設定されており、差動電圧ΔＶが±Ｖｓの範囲内に収まっていれば両コンパレータ８１・８２の出力はともに“０”である。２つのセンサキャパシタＣｓ１・Ｃｓ２の容量バランスがくずれると、差動電圧ΔＶが±Ｖｓの範囲から外れ、コンパレータ８１または８２の出力が“１”になる。

【００２３】前記筒体４をパチンコ玉が通過する方向によって、第１センサキャパシタＣｓ１と第２センサキャパシタＣｓ２の相補的容量変化のシーケンスが異なり、そのため２つのコンパレータ８１と８２から“１”パルスが出力されるシーケンスが異なる。したがって、コンパレータ８１と８２から“１”パルスが出力される順番を検出することで、パチンコ玉の通過方向も弁別できる。

【００２４】図４に示す実施例は図３の実施例の改良タイプである。差動増幅回路７の出力側に直流カット用のＣＲ微分回路９を接続するとともに、その出力側に増幅回路１０を接続している。この構成によれば、差動増幅回路７の出力の直流電圧誤差（オフセット電圧）による影響を除外することができ、より高精度化が実現できる。

【００２５】＝＝＝回路原理の異なる第３実施例＝＝＝図５にこの発明の第３実施例の回路構成と動作波形の要点を示している。この実施例ではセンサキャパシタＣｓは１個である。所定の高周波スイッチング信号で駆動されるスイッチング回路１によってセンサキャパシタＣｓの一方の電極に電圧対称な正電源＋Ｖｒと負電源－Ｖｒとを交互に繰り返し接続するとともに、スイッチング回路１に同期するサンプルホールド回路２０の入力にセンサキャパシタＣｓの他方の電極を接続し、かつサンプルホールド回路２０の出力をスイッチング回路１に同期する同期検波回路４０に入力し、センサキャパシタＣｓの容量変化を同期検波回路４０の出力電圧変化として検出する。

【００２６】サンプルホールド回路２０は、非反転入力がゼロボルト点に接続された演算増幅器２１と、この演算増幅器２１の出力と反転入力とを接続するキャパシタ２２と、キャパシタ２２と並列接続されたスイッチング回路２３とからなる。同期検波回路４０は、演算増幅器２４と、演算増幅器２１の出力と演算増幅器２４の非反転入力を結ぶキャパシタ２５とスイッチング回路２６の直列回路と、キャパシタ２５とスイッチング回路２６の

中点をゼロボルト点に導くスイッチング回路２７と、演算増幅器２４の非反転入力とゼロボルト点に接続されたキャパシタ２８と、演算増幅器２４の出力と反転入力とを結ぶ抵抗２９とキャパシタ３０の並列回路と、演算増幅器２４の反転入力とゼロボルト点に接続された抵抗３１とからなる。

【００２７】各スイッチング回路２３・２５・２７はスイッチング回路１と同期してオンオフ制御される。スイッチング回路２３は、スイッチング回路１によりセンサキャパシタＣｓに負電圧から正電圧に接続切り換えする直前に短時間オンとなる。スイッチング回路２６は、スイッチング回路１によりセンサキャパシタＣｓに負電圧を印加している期間の中間でオンとなる。スイッチング回路２７は、スイッチング回路１によりセンサキャパシタＣｓに正電圧を印加している期間の中間でオンになる。

【００２８】演算増幅器２１の作用により、その反転入力は非反転入力と同じゼロボルトに保たれる。そのため、スイッチング回路１によりセンサキャパシタＣｓが－Ｖｒから＋Ｖｒに接続切り換えされると、演算増幅器２１の反転入力には

Ｑ＝Ｃｓ×２Ｖｒ

の電荷が流入する。この電荷はすべてキャパシタ２２を介して吸収されるため、この瞬間に演算増幅器２１の出力電圧は、キャパシタ２２の容量をＣ22とすると

、　ΔＶ＝Ｃｓ×２Ｖｒ÷Ｃ22

だけ低下する。同様にスイッチング回路１によりセンサキャパシタＣｓが－Ｖｒから＋Ｖｒに接続切り換えされると、演算増幅器２１の出力電圧は前記ΔＶだけ上昇する。このΔＶで変化する交流電圧を同期検波回路４０により直流電圧に変換する。この直流電圧がセンサキャパシタＣｓの容量に対応した電圧である。これを平滑回路（低域通過フィルタ）や増幅回路を通し、適宜な電圧弁別回路で２値化するなどのように応用する。

【００２９】この第３実施例によれば、各スイッチング回路の動作周波数に同期した信号のみを選択的に検出しているので、外来雑音を効果的に除去できることとなり、高感度で安定なセンサ回路を実現できる。

【００３０】＝＝＝差動タイプの第４実施例＝＝＝

前述した第３実施例の回路原理を差動タイプに適用した第４実施例を図６に示している。ここでは、検出しようとする物理現象に伴って２つのセンサキャパシタＣｓ１とＣｓ２に微弱な容量変化が相補的に生じるように構成している。この構成は図２で詳しく説明した。

【００３１】第１センサキャパシタＣｓ１と第２センサキャパシタＣｓ２とを直列接続し、所定の高周波スイッチング信号で駆動される２つのスイッチング回路１１と１２によってこの直列キャパシタＣｓ１・Ｃｓ２の両端に電圧対称な正電源＋Ｖｒと負電源－Ｖｒとを交互に繰り返し接続するとともに、スイッチング回路１１・１２に同期するサンプルホールド回路２０の入力に直列キャパシタＣｓ１・Ｃｓ２の中点を接続し、かつサンプルホールド回路２０の出力をスイッチング回路１に同期する同期検波回路４０に入力し、両キャパシタＣｓ１・Ｃｓ２の差動的容量変化を同期検波回路４０の出力電圧変化として検出する。

【００３２】サンプルホールド回路２０と同期検波回路４０の構成と動作は図５の第３実施例と同じである。この第４実施例では、第２実施例の効果と第３実施例の効果とを合わせ持つことになり、これもパチンコ玉通過検出器の応用に好適である。

【００３３】

【発明の効果】以上詳細に説明したように、この発明によれば、検出しようとする物理現象に伴って微小容量キャパシタに生じる微弱な容量変化を超高感度に検出するセンサ回路を実現できるとともに、これを応用した高性能なパチンコ玉通過検出器を実現できる。

【図面の簡単な説明】

【図１】この発明の第１実施例の回路構成と動作波形の要点を示す図である。

【図２】この発明によるパチンコ玉通過検出器のセンサキャパシタ部分の斜視図である。

【図３】この発明の第２実施例による回路構成を示す図である。

【図４】同上第２実施例の改良タイプの回路構成を示す図である。

【図５】この発明の第３実施例の回路構成と動作波形の要点を示す図である。

【図６】この発明の第４実施例の回路構成と動作波形の要点を示す図である。

【符号の説明】

Ｃｓ・Ｃｓ１・Ｃｓ２　センサキャパシタ

１・１１・１２　スイッチング回路

２　演算増幅器

４　筒体

５ａ・５ｂ・５ｃ　リング状電極

６１・６２　積分平滑回路

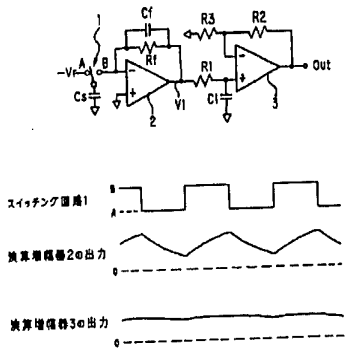
７　差動増幅回路

８１・８２　コンパレータ

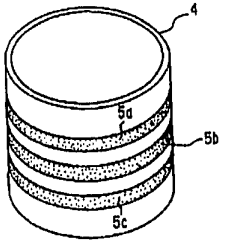
２０　サンプルホールド回路

４０　同期検波回路

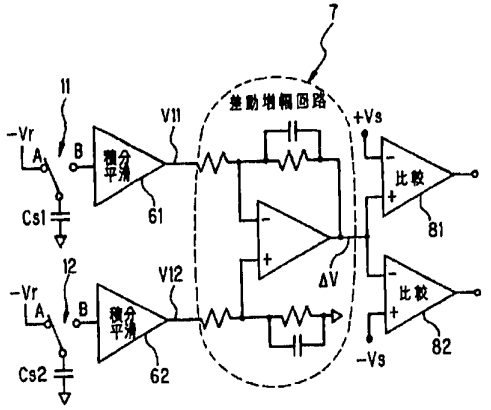
【図１】



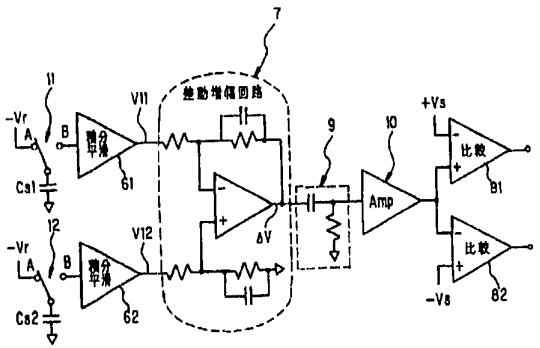
【図２】



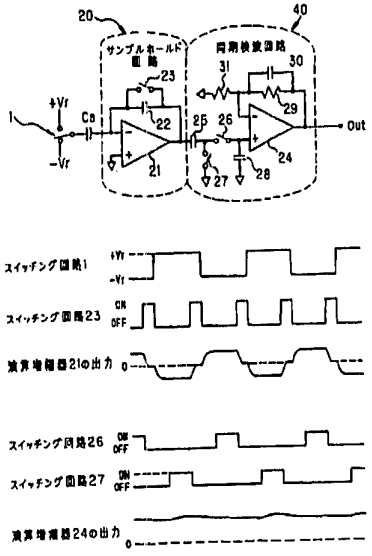
【図３】



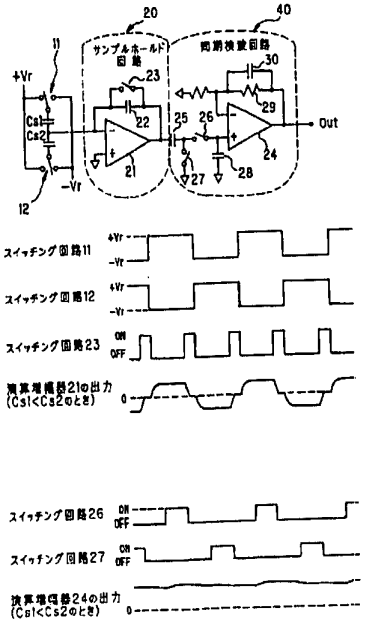
【図４】



【図５】



【図６】



フロントページの続き

(58)調査した分野(Int.Cl.⁷, ＤＢ名)
G01V 3/08
A63F 7/02 304

* NOTICES *

1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2.**** shows the word which can not be translated.
3.In the drawings, any words are not translated.

CLAIMS

---

(57) [Claim(s)]
[Claim 1] By the switching circuit which is a sensor circuit which detects a feeble capacity change produced in a minute capacity capacitor in connection with the physical development which it is going to detect to super-high sensitivity, and is driven by the predetermined high frequency switching signal The period which connects a voltage source to said capacitor and carries out boosting charge of the fixed electrical potential difference to said capacitor, The switched capacitor type super-high sensitivity sensor circuit characterized by constituting so that the period which connects an integrating circuit to said capacitor, is made to emit the charge charge of said capacitor, and is accumulated may be repeated at a high speed, and detecting capacity change of said capacitor as output voltage change of said integrating circuit.
[Claim 2] The switched capacitor type super-high sensitivity sensor circuit characterized by establishing a smoothing circuit and an amplifying circuit in the output side of said integrating circuit in claim 1.
[Claim 3] The switched capacitor type super-high sensitivity sensor circuit characterized by detecting the difference of the output voltage of said two integrating circuits corresponding to these two capacitors by the differential amplifying circuit, respectively while constituting so that a feeble capacity change may arise complementary in two minute capacity capacitors in claim 1 in connection with the physical development which it is going to detect.
[Claim 4] The switched capacitor type super-high sensitivity sensor circuit characterized by establishing a differential circuit in the output side of said differential amplifying circuit in claim 3.

[Claim 5] It is the sensor circuit which detects a feeble capacity change produced in a minute capacity capacitor in connection with the physical development which it is going to detect to super-high sensitivity. While repeating a positive supply and a negative supply symmetrical with an electrical potential difference to one electrode of said capacitor by turns and connecting with it by the switching circuit driven by the predetermined high frequency switching signal The electrode of another side of said capacitor is connected to the input of the sample hold circuit which synchronizes with said switching circuit. And the switched capacitor type super-high sensitivity sensor circuit characterized by inputting the output of said sample hold circuit into the synchronous-detection circuit which synchronizes with said switching circuit, and detecting capacity change of said capacitor as output voltage change of said synchronous-detection circuit.
[Claim 6] While constituting so that a feeble capacity change may arise complementary in two minute capacity capacitors in connection with the physical development which it is going to detect, series connection of both the capacitors is carried out. While repeating a positive supply and a negative supply symmetrical with an electrical potential difference to the both ends of said serial capacitor by turns and connecting with them by the switching circuit driven by the predetermined high frequency switching signal The middle point of said serial capacitor is connected to the input of the sample hold circuit which synchronizes with said switching circuit. And the switched capacitor type super-high sensitivity sensor circuit characterized by inputting the output of said sample hold circuit into the synchronous-detection circuit which synchronizes

with said switching circuit, and detecting the differential-like capacity change of said both capacitors as output voltage change of said synchronous-detection circuit.
[Claim 7] It is a pachinko ball passage detector using a switched capacitor type super-high sensitivity sensor circuit according to claim 3, 4, or 6. The peripheral face of the barrel made from a nonmetal which a pachinko ball passes is approached, and thin film formation of three electrode A-B-C is put in order and carried out at it. The electrostatic capacity between the central electrode B and the next electrode A, The pachinko ball passage detector characterized by using electrostatic capacity between the central electrode B and the next electrode C as said two capacitors.

[Translation done.]

* NOTICES *

1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2.**** shows the word which can not be translated.
3.In the drawings, any words are not translated.

DETAILED DESCRIPTION

[Detailed Description of the Invention]
[0001]
[Field of the Invention] This invention relates to the switched capacitor type super-high sensitivity sensor circuit which detects a feeble capacity change especially produced in a minute capacity capacitor to super-high sensitivity about the sensor circuit which regards various physical development as change of electrostatic capacity. Moreover, it is related also with the pachinko ball passage detector using the switched capacitor type super-high sensitivity sensor circuit.
[0002]
[Description of the Prior Art] The sensor of the principle which regards a motion called objective approach and alienation, distortion deformation of a body, etc. as change of electrostatic capacity is known, and the capacitive type sensor of various structures which fitted this principle to various applications is put in practical use. The conventional capacitive type sensor constitutes the oscillator circuit which uses the capacitor as a sensor component as a resonance element. Change of the capacity of a capacitor changes an oscillation frequency. The frequency change is detected by the suitable discriminator.
[0003]
[Problem(s) to be Solved by the Invention] It was difficult for the capacity of a capacitor to detect very much the phenomenon of changing feebly, to high sensitivity only in a short time in the capacitive-type-sensor circuit of an oscillator-circuit method. In order to constitute the sensor of the stable highly precise oscillator-circuit method, the variation of the electrostatic capacity accompanying the physical development which needs to enlarge the absolute value of the electrostatic capacity of the capacitor used as a resonance element above to some extent, and it is going to detect must also be quite large. When the change time amount is not much short in the case of an object from which the electrostatic capacity of a capacitor changes [object] suddenly from a stationary value, and returns to a stationary value immediately especially, an oscillator circuit cannot be followed but has the problem that change of an oscillation frequency detectable in the usual frequency discrimination circuit does not arise.
[0004] The conventional capacitive-type-sensor circuit was inapplicable to the following applications whose intention this invention person has because of this problem. The application is a sensor (pachinko ball passage detector) which detects passage of a pachinko ball. The facility of a pachinko base or a pachinko parlor is everywhere equipped with the pachinko ball passage detector. A detector is attached to the tubed path where a pachinko ball circulates, and every ** of a pachinko ball which passes through that is detected and counted. Depending on the case, it discriminates also from the passage direction of a pachinko ball.
[0005] the thing and self-excitation LC oscillator-circuit mold using a microswitch mechanical as a conventional pachinko ball passage detector -- electromagnetism -- the thing using a sensor, the thing using a photoelectrical sensor, and the thing using a magnetometric sensor are typical.
[0006] By the microswitch formula, there was a problem of being easy to break down since it collides with a pachinko ball and a machine target. a self-excitation LC oscillator-circuit mold -- electromagnetism -- by the sensor formula, a resonance circuit is main so that the perimeter of

the path of a pachinko ball may be surrounded -- when the coil which is base is arranged and a pachinko ball passes through the inside of a coil, it uses that an oscillation stops. This had the problem that each pachinko ball was correctly undetectable, when many pachinko balls passed one after another, without opening spacing. There was also a problem of being easy to malfunction by the external noise electric wave. Since a pachinko parlor is an inferior electromagnetic environment with many noise electric waves, not malfunctioning under this environment is important for it.
[0007] By the photoelectrical sensor formula, it has detected being interrupted with the pachinko ball with which the optical path which connects a light emitting device and a photo detector circulates. A magnetometric sensor type is a principle which disturbance of the magnetic field currently formed by York will be carried out to a permanent magnet if the pachinko ball which is the lump of the magnetic substance passes, and detects the magnetic field change by the hall device.
[0008] Dirt adhered around the photoelectrical sensor and the pachinko ball passage detector of a photoelectrical sensor type had the problem that the maintenance check activity to which it becomes impossible to maintain the detectability ability planned with the dirt, and dirt is dropped was needed frequently, when a lot of pachinko balls circulated. A magnetometric sensor-type pachinko ball passage detector is not influenced of the dirt of the above paths. However, when main parts called a permanent magnet, York, and a hall device had not been effectively arranged to the perimeter of a path of a pachinko ball, it could not realize but the highly precise detection property had the problem that the configuration of this part was complicated and the detector itself was enlarged.
[0009] This invention was made in view of the conventional trouble mentioned above, and that purpose is to offer the highly efficient pachinko ball passage detector adapting this while offering the sensor circuit which detects a feeble capacity change produced in a minute capacity capacitor in connection with the physical development which it is going to detect to super-high sensitivity.
[0010]
[Means for Solving the Problem] Invention of == claim 1 = = The switched capacitor type super-high sensitivity sensor circuit which invention of == claim 1 requires By the switching circuit which is a sensor circuit which detects a feeble capacity change produced in a minute capacity capacitor in connection with the physical development which it is going to detect to super-high sensitivity, and is driven by the predetermined high frequency switching signal The period which connects a voltage source to said capacitor and carries out boosting charge of the fixed electrical potential difference to said capacitor, It constitutes so that the period which connects an integrating circuit to said capacitor, is made to emit the charge charge of said capacitor, and is accumulated may be repeated at a high speed, and it is characterized by detecting capacity change of said capacitor as output voltage change of said integrating circuit.
[0011] = Invention of == claim 2 = the switched capacitor type super-high sensitivity sensor circuit concerning invention of == claim 2 is characterized by establishing a smoothing circuit and an amplifying circuit in the output side of said integrating circuit in claim 1.
[0012] = Invention of == claim 3 = in claim 1, the switched capacitor type super-high sensitivity sensor circuit concerning invention of == claim 3 is characterized by detecting the difference of the output voltage of said two integrating circuits corresponding to these two capacitors by the differential amplifying circuit, respectively while constituting it so that a feeble capacity change may arise complementary in two minute capacity capacitors in connection with the physical development which it is going to detect.
[0013] = Invention of == claim 4 = the switched capacitor type super-high sensitivity sensor circuit concerning invention of == claim 4 is characterized by establishing a differential circuit in the output side of said differential amplifying circuit in claim 3.
[0014] Invention of == claim 5 = = The switched capacitor type super-high sensitivity sensor circuit concerning invention of == claim 5 It is the sensor circuit which detects a feeble capacity change produced in a minute capacity capacitor in connection with the physical development which it is going to detect to super-high sensitivity. While repeating a positive supply and a

negative supply symmetrical with an electrical potential difference to one electrode of said capacitor by turns and connecting with it by the switching circuit driven by the predetermined high frequency switching signal The electrode of another side of said capacitor is connected to the input of the sample hold circuit which synchronizes with said switching circuit. And the output of said sample hold circuit is inputted into the synchronous-detection circuit which synchronizes with said switching circuit, and it is characterized by detecting capacity change of said capacitor as output voltage change of said synchronous-detection circuit.

[0015] Invention of == claim 6 = = The switched capacitor type super-high sensitivity sensor circuit concerning invention of == claim 6 While constituting so that a feeble capacity change may arise complementary in two minute capacity capacitors in connection with the physical development which it is going to detect, series connection of both the capacitors is carried out. While repeating a positive supply and a negative supply symmetrical with an electrical potential difference to the both ends of said serial capacitor by turns and connecting with them by the switching circuit driven by the predetermined high frequency switching signal The middle point of said serial capacitor is connected to the input of the sample hold circuit which synchronizes with said switching circuit. And the output of said sample hold circuit is inputted into the synchronous-detection circuit which synchronizes with said switching circuit, and it is characterized by detecting the differential-like capacity change of said both capacitors as output voltage change of said synchronous-detection circuit.

[0016] Invention of == claim 7 = = The switched capacitor type super-high sensitivity sensor circuit concerning invention of == claim 7 It is a pachinko ball passage detector using a switched capacitor type super-high sensitivity sensor circuit according to claim 3, 4, or 6. It is characterized by approaching and arranging three electrode A-B-C in the peripheral face of the barrel made from a nonmetal which a pachinko ball passes, carrying out thin film formation, and using electrostatic capacity between the central electrode B and the next electrode A, and electrostatic capacity between the central electrode B and the next electrode C as said two capacitors.

[0017]

[Embodiment of the Invention] = The 1st example which is to == base = the circuitry of the 1st example of this invention and the main point of a wave of operation are shown in == drawing 1 . Here, the sensor capacitor Cs which capacity change produces in connection with the physical development which it is going to detect, the switching circuit 1 switched by the predetermined high frequency switching signal, the integrating circuit which consists of operational amplifier 2, resistance Rf, and a capacitor Cf, and the smoothing circuit which consists of operational amplifier 3 and resistance R1 - R3 and a capacitor C1 are illustrated, and the charge power source of the system or the sensor capacitor Cs which generate a high frequency switching signal is not illustrated. In addition, the end of the sensor capacitor Cs and a capacitor C1 and the noninverting input of an operational amplifier 2 are connected to the zero bolt potential point (** mark shows that).

[0018] A switching circuit 1 is repeatedly switched by the high frequency switching signal of a frequency F. When a switching circuit 1 is connected to the A side, the sensor capacitor Cs is a negative predetermined voltage source. - Connecting with Vr, the sensor capacitor Cs is an electrical potential difference. - Boosting charge is carried out to Vr. When a switching circuit 1 is connected to the B side, the sensor capacitor Cs is a negative voltage source. - It is separated from Vr and connects with the reversal input of an operational amplifier 2. At this time, a feedback operation works so that the reversal input of an operational amplifier 2 may be maintained at the same zero bolt as a noninverting input through Resistance Rf and Capacitor Cf. That is, it discharges according to the current to which the charge charge of the sensor capacitor Cs led Resistance Rf.

[0019] Since the discharge time constant of the sensor capacitor Cs is large to some extent while a switch of a switching circuit 1 is repeated by the high speed, before the electrical potential difference of the sensor capacitor Cs becomes a zero bolt, a switching circuit 1 is again connected to the A side, and the sensor capacitor Cs is an electrical potential difference again. - Boosting charge is carried out to Vr. The average (it is described also as the integral

electrical potential difference V1) of the output voltage V1 of the operational amplifier 2 (integrating circuit) when having repeated this actuation serves as V1=CsxVrxRfxF. Here, the integral electrical potential difference V1 will be 10 millivolts, and Cs will serve as an electrical potential difference big enough, supposing 1 volt and Rf are [100Komega and F] 1MHz for 0.1pF and Vr. And since the switching frequency is fully high, the sensor capacitor Cs is feeble, also in a short-time change, an integrating circuit answers a high speed at this, and change of the integral electrical potential difference V1 appears clearly. For example, the existence of physical development which makes the sensor capacitor Cs produce capacity change is detectable to high degree of accuracy and high sensitivity by making it binary with the threshold set up [for the purpose of this integral electrical potential difference V1]. In the example of drawing 1 , in order to make the integral electrical potential difference V1 easier to deal with it, the smoothing circuit which becomes the output of an operational amplifier 2 from operational amplifier 3 and resistance R1 - R3 and a capacitor C1 is connected. An amplifying circuit is connected further if needed.

[0020] = Application to == pachinko ball passage detector = when it constitutes == pachinko ball passage detector, as shown in drawing 2 Approach the peripheral face of the barrel 4 made from a nonmetal which a pachinko ball passes in three electrode 5a, 5b, and 5c, for example, thin film formation is carried out at the shape of a ring. Use electrostatic capacity between central electrode 5b and the next electrode 5a as the 1st sensor capacitor Cs 1, and let electrostatic capacity between central electrode 5b and the next electrode 5c be the 2nd sensor capacitor Cs 2. The diameter of a pachinko ball is about 11mm, and, as for the width of face of about 12mm, each electrode 5a and 5b, and 5c, the bore of a barrel 4 also set about 1mm and spacing of each electrode to about 1mm to this. Capacity change of the 1st sensor capacitor Cs 1 and the 2nd sensor capacitor Cs 2 arises complementary in the process in which a pachinko ball passes a barrel 4 by carrying out like this.

[0021] Then, as shown in drawing 3 , each of two sensor capacitors Cs1 and Cs2 is connected to the sensor circuit of the same configuration as drawing 1 . Drawing 3 shows the integrating circuit which consists of operational amplifier 2, resistance Rf, and a capacitor Cf in drawing 1 , and the smoothing circuit which consists of operational amplifier 3 and resistance R1 - R3 and a capacitor C1 as an integral smoothing circuit 61-62. Moreover, it synchronizes according to the same high frequency switching signal, and is switched, and two switching circuits 11-12 are negative voltage sources. - Vr uses the same voltage source.

[0022] From the integral smoothing circuit 61, the integral electrical potential difference V11 corresponding to the capacity of the 1st sensor capacitor Cs 1 is outputted, and the integral electrical potential difference V12 corresponding to the capacity of the 2nd sensor capacitor Cs 2 is outputted from the integral smoothing circuit 62. These two integral electrical potential differences V11 and V12 are inputted into a differential amplifying circuit 7, and that differential voltage deltaV is inputted into two comparators 81-82 which constitute a window comparator. If threshold**Vs of positive/negative is set to this window comparator and differential voltage deltaV has fallen within the range of **Vs, both the outputs of both the comparators 81-82 are "0." If the capacity balance of two sensor capacitor Cs1 and Cs2 collapses, differential voltage deltaV will separate from the range of **Vs, and the output of comparators 81 or 82 will be set to "1."

[0023] The sequences to which the sequences of complementary capacity change of the 1st sensor capacitor Cs 1 and the 2nd sensor capacitor Cs 2 differ, therefore "1" pulse is outputted from two comparators 81 and 82 by the direction where a pachinko ball passes said barrel 4 differ. Therefore, it can discriminate also from the passage direction of a pachinko ball by detecting the sequence that "1" pulse is outputted from comparators 81 and 82.

[0024] The example shown in drawing 4 is the amelioration type of the example of drawing 3 . While connecting the CR differential circuit 9 for a direct-current cut to the output side of a differential amplifying circuit 7, the amplifying circuit 10 is connected to the output side. According to this configuration, the effect by the direct-current-voltage error (offset voltage) of the output of a differential amplifying circuit 7 can be excepted, and highly precise-ization can be realized more.

[0025] = The 3rd example from which == circuit principle differs = the circuitry of the 3rd example of this invention and the main point of a wave of operation are shown in == drawing 5 . In this example, the number of the sensor capacitors Cs is one. It is one positive supply +Vr and negative supply of the sensor capacitor Cs symmetrical with an electrical potential difference to an electrode by the switching circuit 1 driven by the predetermined high frequency switching signal. - While repeating Vr by turns and connecting The electrode of another side of the sensor capacitor Cs is connected to the input of the sample hold circuit 20 which synchronizes with a switching circuit 1. And the output of a sample hold circuit 20 is inputted into the synchronous-detection circuit 40 which synchronizes with a switching circuit 1, and capacity change of the sensor capacitor Cs is detected as output voltage change of the synchronous-detection circuit 40.

[0026] A sample hold circuit 20 consists of a switching circuit 23 where parallel connection of the noninverting input was carried out to the capacitor 22 which connects the operational amplifier 21 connected to the zero bolt point, and the output and reversal input of this operational amplifier 21, and the capacitor 22. The capacitor 25 with which the synchronous-detection circuit 40 connects the output of an operational amplifier 21, and the noninverting input of an operational amplifier 24 to an operational amplifier 24, and the series circuit of a switching circuit 26, A capacitor 25 and the switching circuit 27 which leads the middle point of a switching circuit 26 to a zero bolt point, It consists of the resistance 29 which connects the capacitor 28 connected to the noninverting input and zero bolt point of an operational amplifier 24, and the output and reversal input of an operational amplifier 24, a parallel circuit of a capacitor 30, and resistance 31 connected to the reversal input and zero bolt point of an operational amplifier 24.

[0027] Synchronizing with a switching circuit 1, on-off control of each switching circuit 23-25-27 is carried out. A switching circuit 23 serves as short-time ON, just before carrying out a connection switch on a forward electrical potential difference from a negative electrical potential difference by the switching circuit 1 at the sensor capacitor Cs. A switching circuit 26 serves as ON in the middle of the period which is impressing the negative electrical potential difference to the sensor capacitor Cs by the switching circuit 1. A switching circuit 27 is turned on in the middle of the period which is impressing the forward electrical potential difference to the sensor capacitor Cs by the switching circuit 1.

[0028] The reversal input is maintained at the same zero bolt as a noninverting input by operation of an operational amplifier 21. Therefore, if the connection switch of the sensor capacitor Cs is carried out by the switching circuit 1 from -Vr at +Vr, the charge of Q=Csx2Vr will flow into the reversal input of an operational amplifier 21. Since this charge is altogether absorbed through a capacitor 22, if the output voltage of an operational amplifier 21 sets capacity of a capacitor 22 to C22 at this moment Only deltaV=Csx2 Vr/C 22 falls. If the connection switch of the sensor capacitor Cs is similarly carried out by the switching circuit 1 from -Vr at +Vr, as for the output voltage of an operational amplifier 21, only the aforementioned deltaV will go up. The alternating voltage which changes by this deltaV is changed into direct current voltage by the synchronous-detection circuit 40. This direct current voltage is an electrical potential difference corresponding to the capacity of the sensor capacitor Cs. This is applied like making binary a smoothing circuit (low pass filter) and an amplifying circuit by through and the proper electrical-potential-difference discriminator.

[0029] Since only the signal which synchronized with the clock frequency of each switching circuit is detected alternatively according to this 3rd example, external noise can be removed effectively and a stable sensor circuit can be realized by high sensitivity.

[0030] = == differential type 4th example == = the 4th example which applied the circuit principle of the 3rd example mentioned above to the differential type is shown in drawing 6 . Here, it constitutes so that a feeble capacity change may arise complementary in two sensor capacitors Cs1 and Cs2 in connection with the physical development which it is going to detect. Drawing 2 explained this configuration in detail.

[0031] Series connection of the 1st sensor capacitor Cs 1 and the 2nd sensor capacitor Cs 2 is carried out. It is positive supply +Vr and the negative supply of this serial capacitor Cs1 and Cs2

symmetrical with an electrical potential difference to both ends by two switching circuits 11 and 12 driven by the predetermined high frequency switching signal. - While repeating Vr by turns and connecting The middle point of serial capacitor Cs1 and Cs2 is connected to the input of the sample hold circuit 20 which synchronizes with a switching circuit 11-12. And the output of a sample hold circuit 20 is inputted into the synchronous-detection circuit 40 which synchronizes with a switching circuit 1, and the differential-like capacity change of both capacitor Cs1 and Cs2 is detected as output voltage change of the synchronous-detection circuit 40.

[0032] The configuration and actuation of a sample hold circuit 20 and the synchronous-detection circuit 40 are the same as the 3rd example of drawing 5 . In this 4th example, it will have the effectiveness of the 2nd example, and the effectiveness of the 3rd example, and this is also suitable for application of a pachinko ball passage detector.

[0033]

[Effect of the Invention] As explained to the detail above, while the sensor circuit which detects a feeble capacity change produced in a minute capacity capacitor in connection with the physical development which it is going to detect to super-high sensitivity is realizable according to this invention, the highly efficient pachinko ball passage detector adapting this is realizable.

[Translation done.]

* NOTICES *

1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2.**** shows the word which can not be translated.
3.In the drawings, any words are not translated.

DESCRIPTION OF DRAWINGS

[Brief Description of the Drawings]
[Drawing 1] It is drawing showing the circuitry of the 1st example of this invention, and the main point of a wave of operation.
[Drawing 2] It is the perspective view of the sensor capacitor part of the pachinko ball passage detector by this invention.
[Drawing 3] It is drawing showing the circuitry by the 2nd example of this invention.
[Drawing 4] It is drawing showing the amelioration type circuitry of the 2nd example of the same as the above.
[Drawing 5] It is drawing showing the circuitry of the 3rd example of this invention, and the main point of a wave of operation.
[Drawing 6] It is drawing showing the circuitry of the 4th example of this invention, and the main point of a wave of operation.
[Description of Notations]
Cs-Cs1 and Cs2 Sensor capacitor
1-11-12 Switching circuit
2 Operational Amplifier
4 Barrel
5a, 5b, and5c Ring-like electrode
61-62 Integral smoothing circuit
7 Differential Amplifying Circuit
81-82 Comparator
20 Sample Hold Circuit
40 Synchronous-Detection Circuit

[Translation done.]